



Benoit Waeles - Consultant Génie Côtier

Dieppe-Le Tréport – Export Cable Route

Étude de dispersion des turbidités induites par les travaux d'ensouillage

Avenant : pré-dragage pour l'arasement de 2 dunes



DNV·GL



Rapport d'étude

Siège social

36, quai de la Douane – 29200 Brest – France
Tel : +33 298 44 24 51 – Fax : +33 298 46 91 04
Email : info@actimar.fr – Web : www.actimar.fr

ACTIMAR
Au service de la mer



Suivi des modifications

Version	Modifications	Rédacteurs	Date
V1.0	Création du document	Laurent Leballeur	25/07/2016
V1.1	Mise à jour des figures : zoom sur les zones KP12 et KP19	Laurent Leballeur	28/07/2016
V1.2	Ajout des cartes de dépôt	Laurent Leballeur	03/02/2017

Liste de diffusion

Destinataire	Organisme
Pierre Heraud	DNV-GL

Sommaire

1. OBJECTIFS - METHODOLOGIE	5
1.1 QUANTIFICATION DES FLUX SOLIDES	7
1.2 SPECIFICATION DES FLUX SOLIDES DANS LA MODELISATION	8
1.3 PARAMETRISATION DU MODELE DE DISPERSION DE SEDIMENTS FINS	8
1.4 CONDITIONS SIMULEES	8
2. ANALYSE DES RESULTATS DE DISPERSION.....	9
2.1 REFERENCE : CONDITIONS DE TURBIDITE NATURELLE.....	9
2.2 TYPES DE RENDUS	10
2.3 RESULTATS : IMPACT DES TRAVAUX D'ENSOILLAGE	12
2.3.1 Concentrations maximales en MES.....	12
2.3.2 Taux de dépassement.....	15
2.3.3 Dépôt maximal	22
3. SYNTHESE DES RESULTATS.....	25

Définitions des acronymes et notations

Le tableau suivant définit les acronymes et notations utilisés dans ce document :

Notation	Définition
BM	Basse Mer
Dir	Direction moyenne de provenance de l'énergie des vagues, référencée par rapport au nord, avec une convention horaire
D ₅₀	Diamètre médian des sédiments
Hs	Hauteur spectrale significative (en mètre)
MES	Matières En Suspension (D ₅₀ < 63 µm)
ME	Marée moyenne de Morte-Eau (coefficient 45)
PM	Pleine Mer
Tp	Période pic (en seconde) correspondant à l'inverse de la fréquence f_p pour laquelle le spectre d'énergie des vagues est maximum
VE	Marée moyenne de Vive-Eau (coefficient 95)

1. OBJECTIFS - METHODOLOGIE

Des modélisations numériques visant à représenter les turbidités induites par les travaux préalables à l'ensouillage des câbles sont réalisées dans le but d'estimer l'étendue et les concentrations en MES du panache turbide et les dépôts résultant des mises en suspension de sédiments fins lors des travaux relatifs au creusement des tranchées.

Lors de la première phase de l'étude (**Volet 1**), la technique d'ensouillage des câbles par « water-jetting » avait été considérée, conduisant à un volume total journalier de matériaux extraits de 3 800 m³ pour une vitesse d'avancement des travaux de 1 200 m par jour. Une hypothèse majorante de teneur en fines dans le sédiment (5% remis en suspension) a été considérée pour caractériser les remises en suspension. Les influences engendrées par ces travaux sur le milieu naturel ont été évaluées avec ces hypothèses conservatives, sur les deux routes envisagées pour le raccordement du câble : Criel et Penly.

Lors de la seconde phase de l'étude (**Volet 2**), la technique d'ensouillage des câbles par charruage a été considérée, et seule le corridor dont l'atterrissage se situe à l'est de la centrale de Penly a été étudié. La technique de charruage implique des tranchées plus larges et plus profondes, conduisant à un volume total journalier de matériaux mobilisés de 21 600 m³ pour une vitesse d'avancement sensiblement identique. La disponibilité d'analyses granulométriques le long du tracé a permis d'affiner la proportion de fines contenue dans le sédiment, permettant ainsi de définir plus précisément et de manière variable le long du tracé les flux sédimentaires remis en suspension.

La présente étude complète les 2 premières phases, en analysant l'influence d'un pré-dragage pour l'arasement de 2 dunes sur le passage du câble. Les dunes faisant l'objet des travaux d'arasement sont situées au niveau du KP12 et du KP19, illustrées par la Figure 1-1. Les volumes estimés représentent respectivement 30 000 m³ et 125 000 m³ pour une durée effective des travaux de dragage de 12 et 35 h. Les analyses granulométriques disponibles permettent de quantifier précisément la part de fines remobilisée à partir du volume total. L'étude réalisée permet d'évaluer les influences de ces travaux sur le milieu vis-à-vis des conditions naturelles de turbidité.

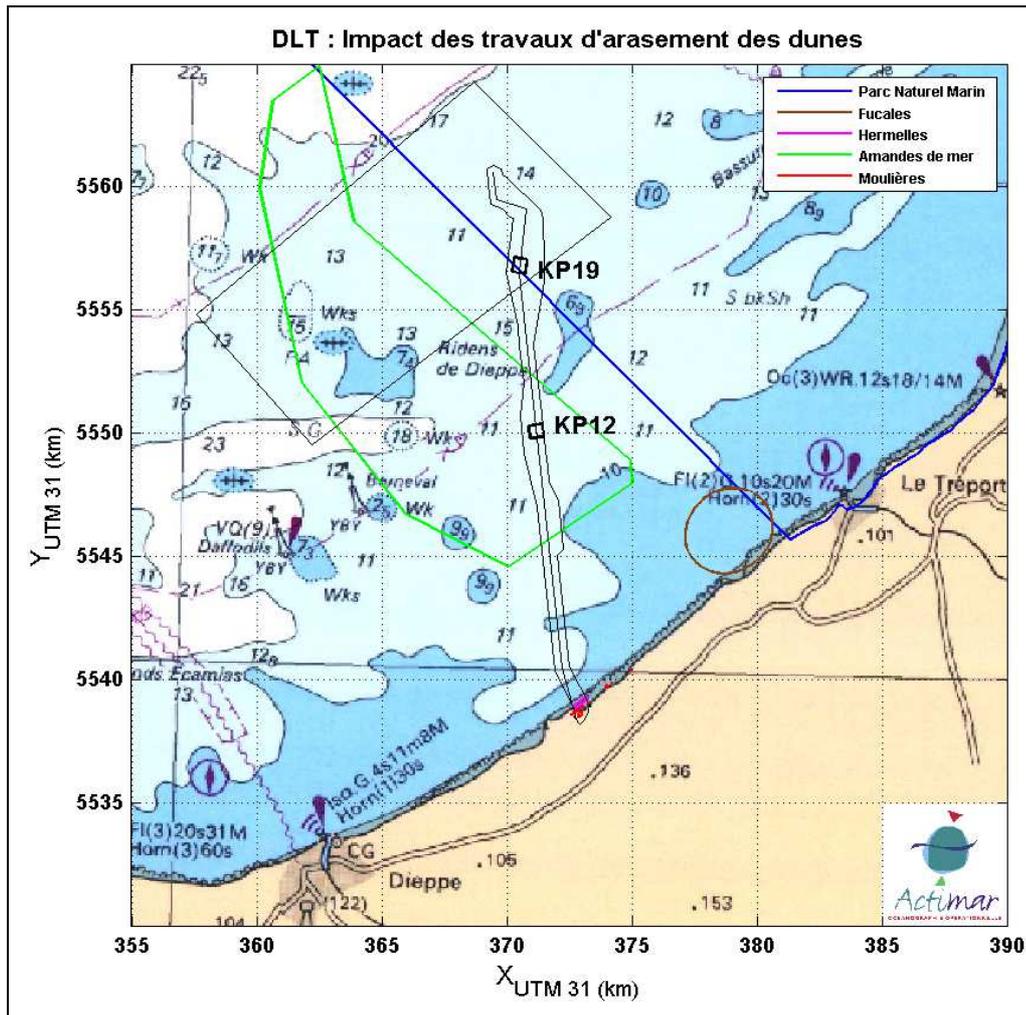


Figure 1-1 : Vue d'ensemble de la zone d'étude. Les secteurs faisant l'objet des travaux d'arasement de dunes sont représentés par des carrés noirs : « KP12 » (30 000 m³ à draguer en 12 heures) et « KP19 » (125 000 m³ à draguer en 35 heures).

1.1 QUANTIFICATION DES FLUX SOLIDES

Les flux solides de particules fines vers la colonne d'eau ont été estimés d'après les données fournies par DNV-GL :

- KP12 : 30 000 m³ à draguer en 12 heures de travaux;
- KP19 : 125 000 m³ à draguer en 35 heures de travaux.

On fait l'hypothèse d'un dragage et d'un rejet "à l'avancée" : la barge aspire le sédiment en place, et le rejette directement quelques dizaines de mètres plus loin à l'écart de la tranchée. On considère que l'aspiration ne génère pas de turbidité, seul le rejet de fines est modélisé, le sable se déposant très rapidement.

Les propriétés considérées pour le sédiment superficiel qui sera remanié pendant cette phase de travaux sont les suivantes :

- Densité des grains : 2 650 kg/m³ ;
- Porosité du sédiment superficiel : 0.3.

Des prélèvements de sédiments ont été réalisés le long du tracé Penly, ils sont localisés sur la Figure 1-2 avec le pourcentage de fines associé. Le pourcentage de fines correspondant à l'échantillon le plus proche est pris en compte de manière automatique par le modèle pour définir le flux sédimentaires remis en suspension par les travaux de dragage, ce qui confère davantage de réalisme aux simulations réalisées. Au voisinage du point KP12, la part de fines est de 0.08%, et 0.03% à proximité du point KP19.

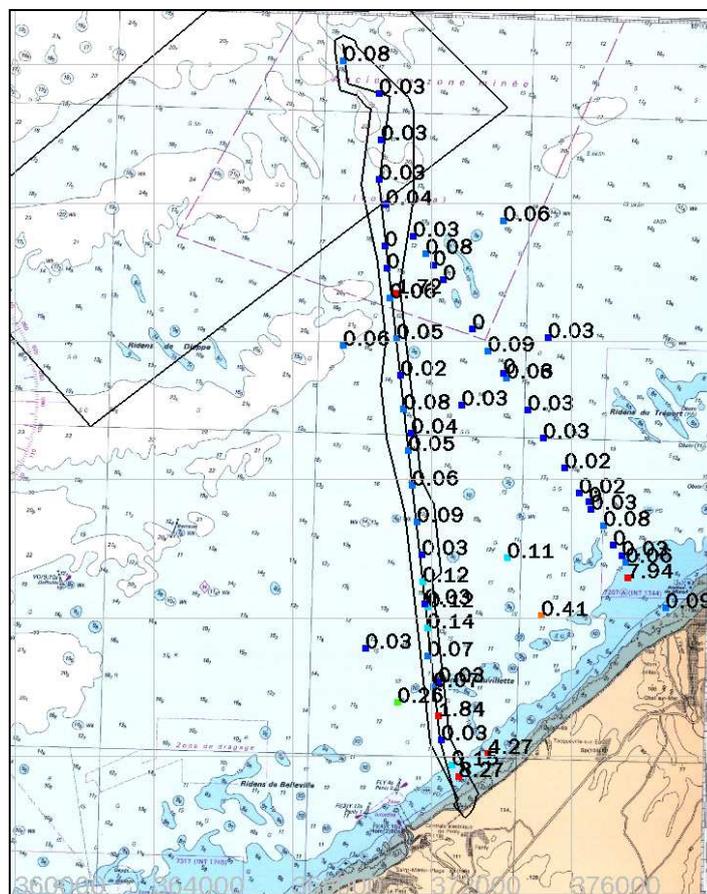


Figure 1-2 ; Position des prélèvements sédimentaires le long du tracé Penly et pourcentages de fines dans le sédiment résultant de l'analyse granulométriques et utilisés pour définir le flux remis en suspension instantané au fur et à mesure de la position des travaux le long du tracé.

1.2 SPECIFICATION DES FLUX SOLIDES DANS LA MODELISATION

Le flux de particules fines est imposé en un point fixe de la grille du modèle (dont la résolution est de 100 m dans cette zone) situé à proximité du sommet de chaque dune dans les zones KP12 et KP19. Les travaux sont réalisés en continu sans interruption. La part de fines de l'échantillon granulométriques le plus proche est considérée.

1.3 PARAMETRISATION DU MODELE DE DISPERSION DE SEDIMENTS FINS

Le modèle sédimentaire construit lors de l'étude météo-océanique et hydro-sédimentaire¹ est utilisé pour la réalisation de cette étude. Le modèle, avec un paramétrage adapté pour les sédiments fins transportés en suspension, représente les processus suivants :

- la mise en suspension dans la colonne d'eau des matériaux selon les quantités définies au paragraphe 1.1 ;
- l'advection et la dispersion par les courants ambiants ;
- la chute des particules et le dépôt sur le fond lorsque les conditions hydrodynamiques le permettent ;
- la contribution du courant et des vagues pour la remise en suspension et/ou le dépôt.

Les paramètres propres à ce modèle de dispersion des sédiments sont les suivants :

- Deux vitesses de chute ont été testées : 1 et 0.1 mm/s ;
- Contrainte critique d'érosion : 0.2 N/m² ;
- Contrainte critique de dépôt : 0.1 N/m²

1.4 CONDITIONS SIMULEES

Des simulations courtes, représentant les travaux en continu sur chacune des zones KP12 et KP19 ont été effectuées : une marée moyenne de mortes-eaux (ME) et une marée moyenne de vives-eaux (VE), associées à un niveau d'agitation minimale ($H_s = 0.2$ m, $T_p = 7$ s, en provenance de l'ouest). Chacune des simulations est répétée pour les deux valeurs de vitesse de chute de 0.1 et 1 mm/s. Des tests de sensibilité au moment de début des travaux par rapport au niveau de marée, pleine mer (PM) ou basse mer (BM), ont également été réalisés et ne montrent pas d'influence significatives sur les résultats.

Au total, huit simulations de 3 jours ont été réalisées pour évaluer les effets des opérations d'arasement des dunes sur la turbidité du milieu naturel.

¹ Actimar-MOC-0959-DLT-Rapport-V2.1.pdf

2. ANALYSE DES RESULTATS DE DISPERSION

2.1 REFERENCE : CONDITIONS DE TURBIDITE NATURELLE

Les conditions de turbidité naturelle auxquelles doivent être comparées les turbidités induites par les travaux d'ensouillage peuvent être synthétisées en première approche par les ordres de grandeur suivants :

- Plusieurs mg/l pour les mois (d'été) les moins turbides ;
- Plusieurs dizaines de mg/l pour les mois (d'hiver) les plus turbides.

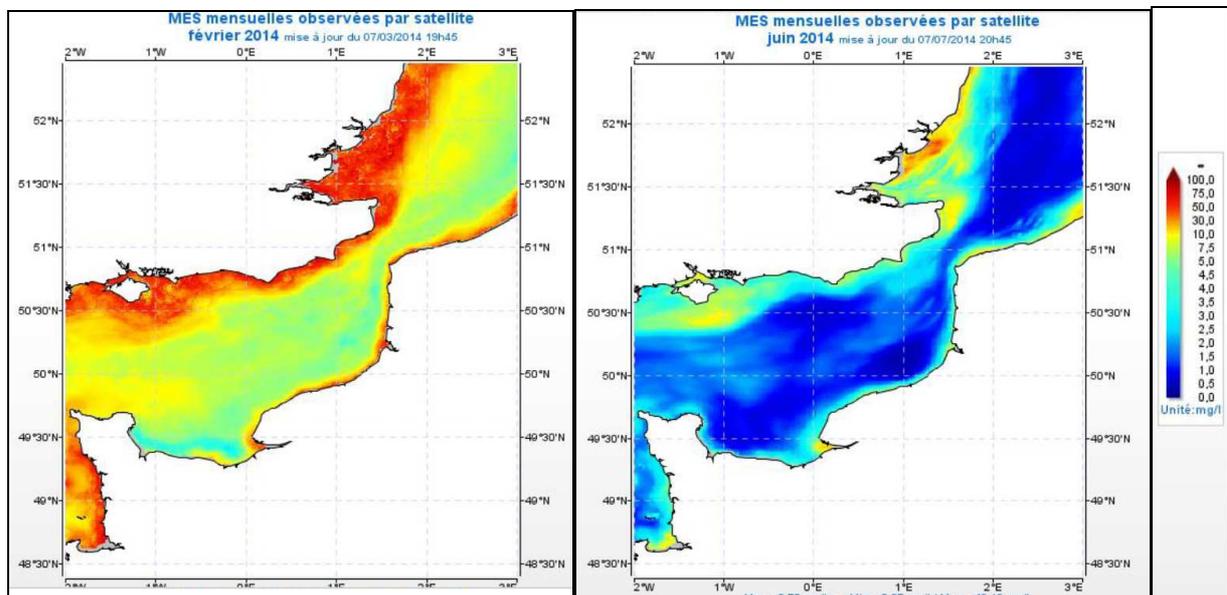


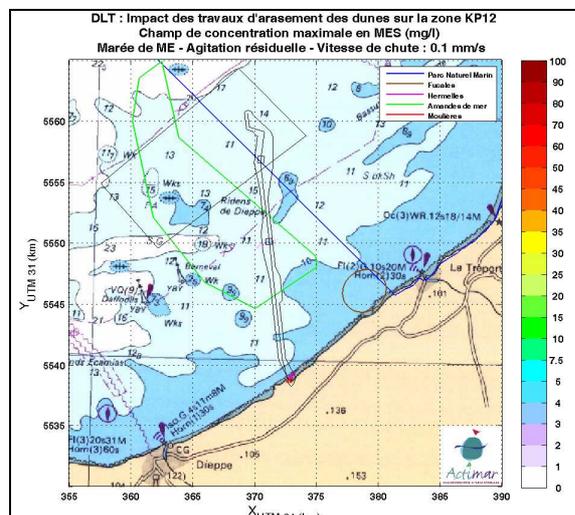
Figure 2-1 : Cartes de turbidités mensuelles moyennes établies à partir d'observations par satellite (PREVIMER – IFREMER).

2.2 TYPES DE RENDUS

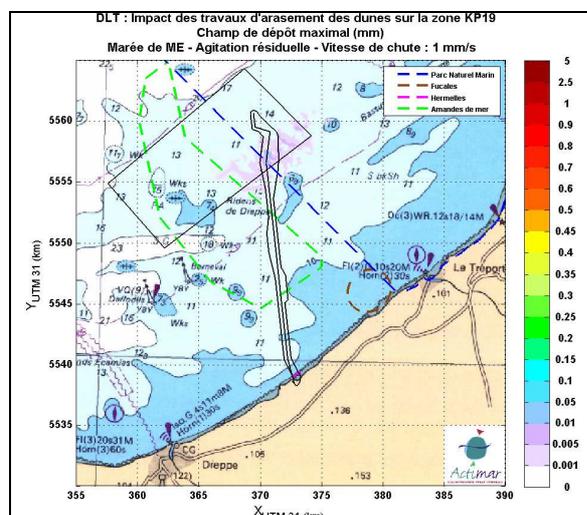
Pour chacune des simulations réalisées (pour une vitesse de chute et une condition d'agitation données), les résultats ont été analysés à partir de différentes représentations (cartes et séries temporelles en un point) des paramètres de sortie (concentrations de matières en suspension et dépôts sur le fond)

Sur les représentations cartographiques, l'emprise des zones sensibles est indiquée : le parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale est représenté en trait pointillé bleu, les zones à fucales sont représentées par des traits pointillés marrons, celles à amandes de mer en trait pointillé vert, en fuchsia pour les hermelles et en rouge pour les moulières. Il s'agit d'évaluer l'impact des turbidités et des dépôts induits vis-à-vis de ces secteurs sensibles.

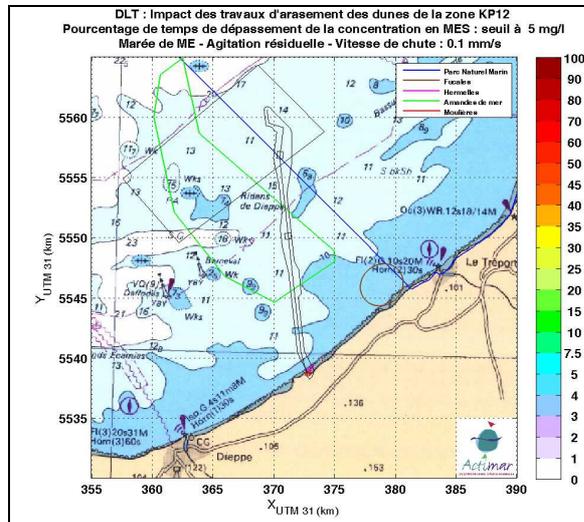
- Des cartes de concentrations maximales atteintes au cours de la simulation permettent de visualiser à la fois l'extension maximale du panache et les concentrations en MES les plus fortes du panache liées aux travaux ;



- Des cartes de dépôt maximal atteint au cours de la simulation permettent de visualiser les zones préférentielles de dépôt des sédiments contenu dans le panache issu des travaux ;



- Des cartes présentant les temps de dépassement de certains seuils représentatifs de concentration en MES (1, 2, 3, 4, 5, 7.5, 10 mg/l) ambiante, exprimés en pourcentage de la durée totale des travaux (12 heures pour la zone KP12 et 35 heures pour la zone KP19) ;



2.3 RESULTATS : IMPACT DES TRAVAUX D'ENSOILLAGE

2.3.1 CONCENTRATIONS MAXIMALES EN MES

La Figure 2-2 présente les champs de concentration maximale en MES (mg/l) pour une marée moyenne de ME et de VE, associée à une agitation résiduelle et une vitesse de chute de 0.1 mm/s pour les travaux d'arasement de la zone KP12, où la teneur en fines est de 0.08%.

Les concentrations les plus fortes sont atteintes en condition de ME et ne dépassent 10 mg/l que très localement au niveau du point de rejet, elles sont inférieures à 5 mg/l à plus de 150 m du point de rejet et 1 mg/l à plus de 1 250 m du point de rejet. En condition de VE, l'influence est moindre : les concentrations maximales en MES sont inférieures à 1 mg/l à plus de 500 m du point de rejet.

La Figure 2-3 présente les champs de concentration maximale en MES (mg/l) pour une marée moyenne de ME et de VE, associée à une agitation résiduelle et une vitesse de chute de 0.1 mm/s pour les travaux d'arasement de la zone KP19, où le teneur en fines est de 0.03%.

Les concentrations les plus fortes sont atteintes en condition de ME et ne dépassent pas 4 mg/l très localement au niveau du point de rejet, elles sont de l'ordre de 1 mg/l à plus de 350 m du point de rejet. En condition de VE, l'influence est encore moindre, quasiment imperceptible.

La sensibilité des résultats au paramétrage de la vitesse de chute et au phasage du début des travaux par rapport à l'instant de la marée a été étudiée. On ne distingue pas de différence significative.

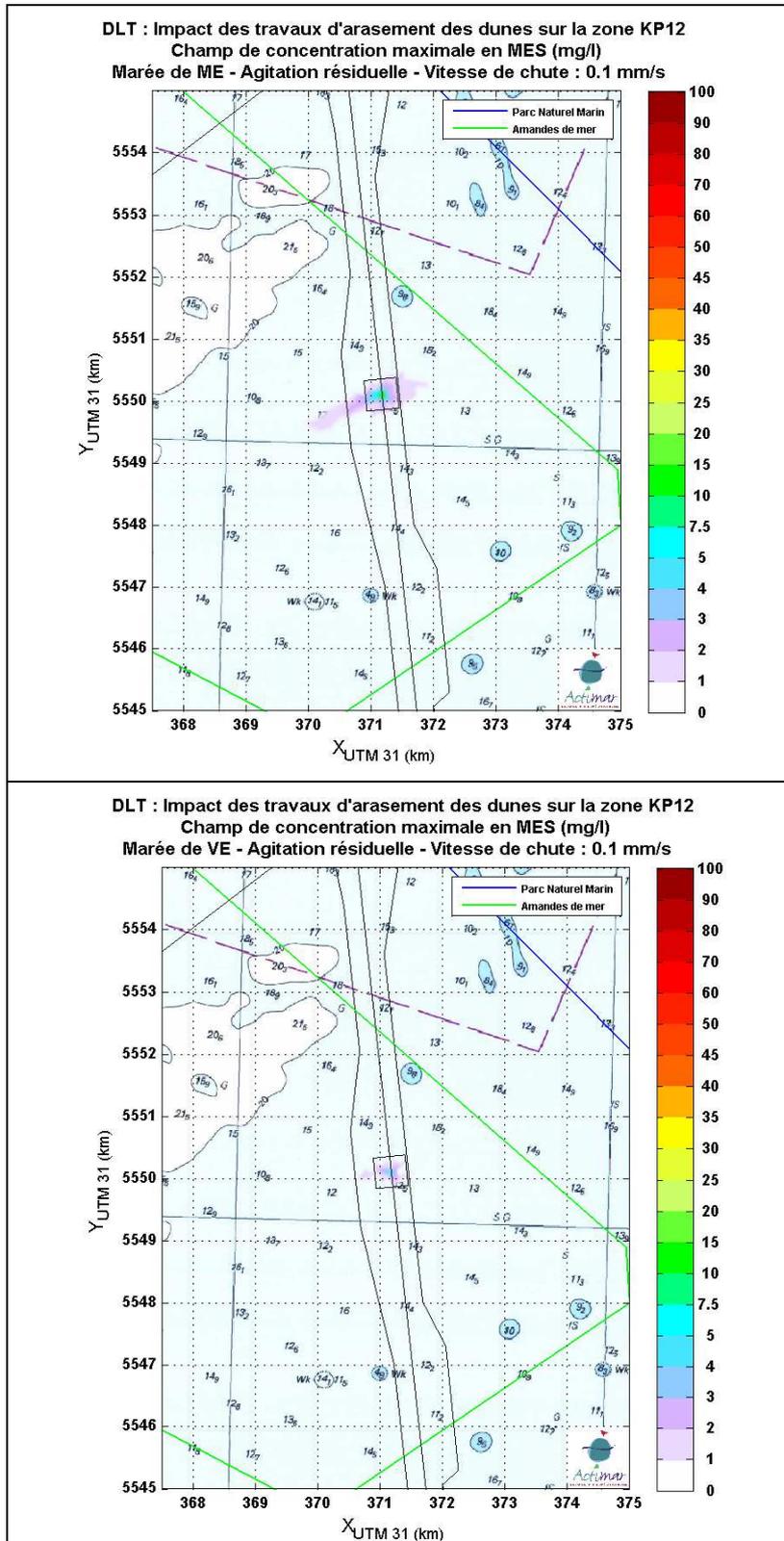


Figure 2-2 : Champ de concentration maximale en MES (mg/l) pour une marée moyenne de ME (en haut) et de VE (en bas) associée à une agitation résiduelle et une vitesse de chute de 0.1 mm/s. Travaux d'arasement de la zone KP12, où le teneur en fines est de 0.08%.

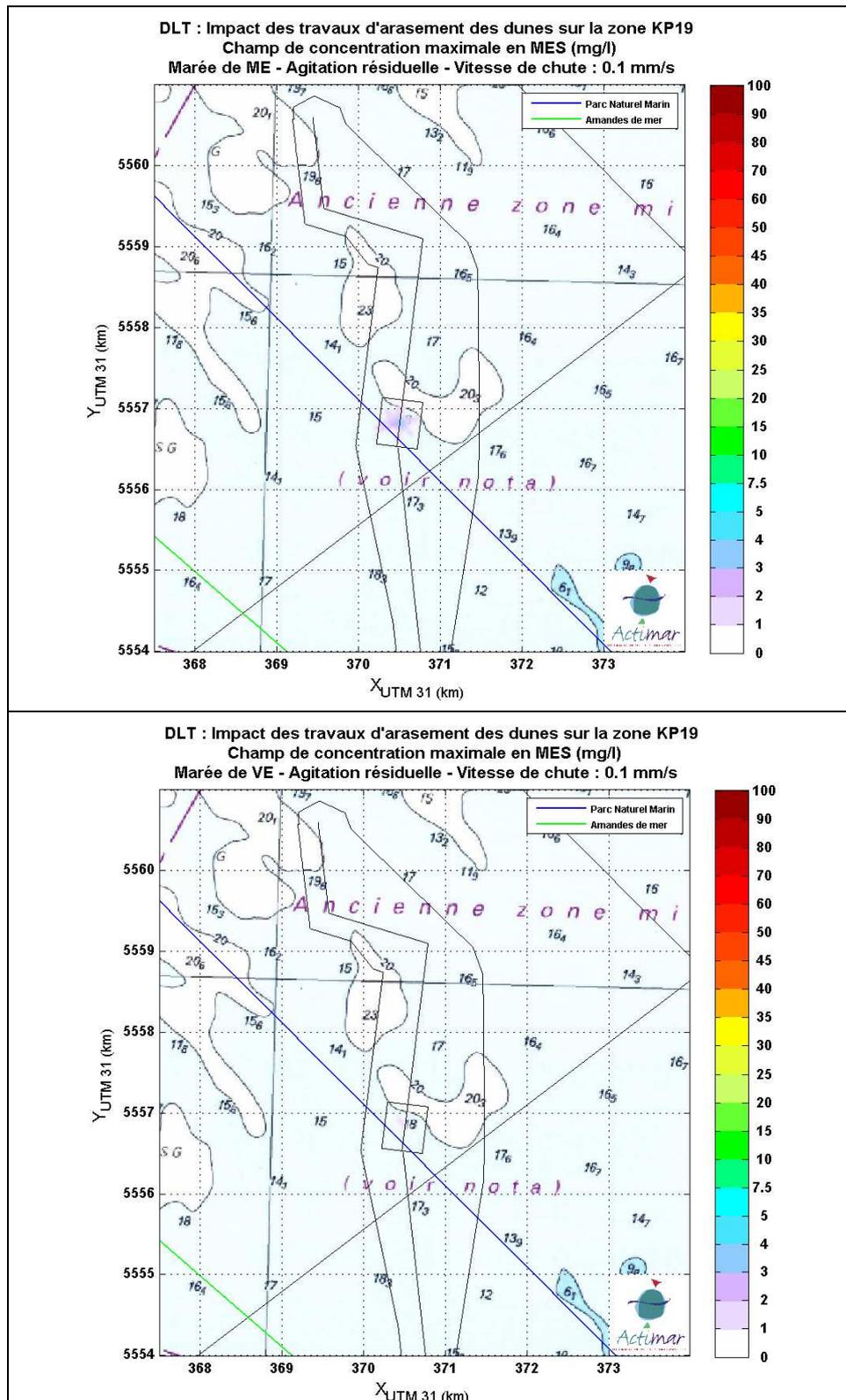


Figure 2-3 : Champ de concentration maximale en MES (mg/l) pour une marée moyenne de ME (en haut) et de VE (en bas) associée à une agitation résiduelle et une vitesse de chute de 0.1 mm/s. Travaux d'arasement de la zone KP19, où le teneur en fines est de 0.03%.

2.3.2 TAUX DE DÉPASSEMENT

Les taux de dépassement de seuils de concentrations de MES sont exprimées en pourcentage de la durée totale des travaux : 12 heures pour la zone KP12 et 35 heures pour la zone KP19.

Pour la zone KP12 et un paramétrage de la vitesse de chute à 0.1 mm/s :

- Même pour un seuil à 1 mg/l (Figure 2-4), qui est faible au regard des conditions de turbidité des mois d'été, les taux de dépassement sont inférieurs à 30% en dehors du périmètre défini (soit environ 3h30min).
- Pour un seuil à 2 mg/l (Figure 2-5), qui reste une valeur basse de la gamme des turbidités estivales, les taux de dépassement restent inférieurs à 10% en dehors de la zone (moins de 1h30min).
- Pour un seuil à 5 mg/l (Figure 2-6), qui représente une valeur moyenne à haute des turbidités estivales, les taux de dépassement sont non significatifs et restreints à l'intérieur de la zone.

Pour la zone KP19, les figures Figure 2-7, Figure 2-8, Figure 2-9 présentent les temps de dépassement équivalents. L'influence des travaux d'arasement des dunes dans cette zone ont une influence minimale : pour un seuil à 1 mg/l (Figure 2-7), qui est faible au regard des conditions de turbidité des mois d'été, les taux de dépassement significatifs sont limités au périmètre défini et sont inférieurs à 1% au-delà (environ 20 minutes).

La sensibilité des résultats au paramétrage de la vitesse de chute et au phasage du début des travaux par rapport à l'instant de la marée a été étudiée. On ne distingue pas de différence significative.

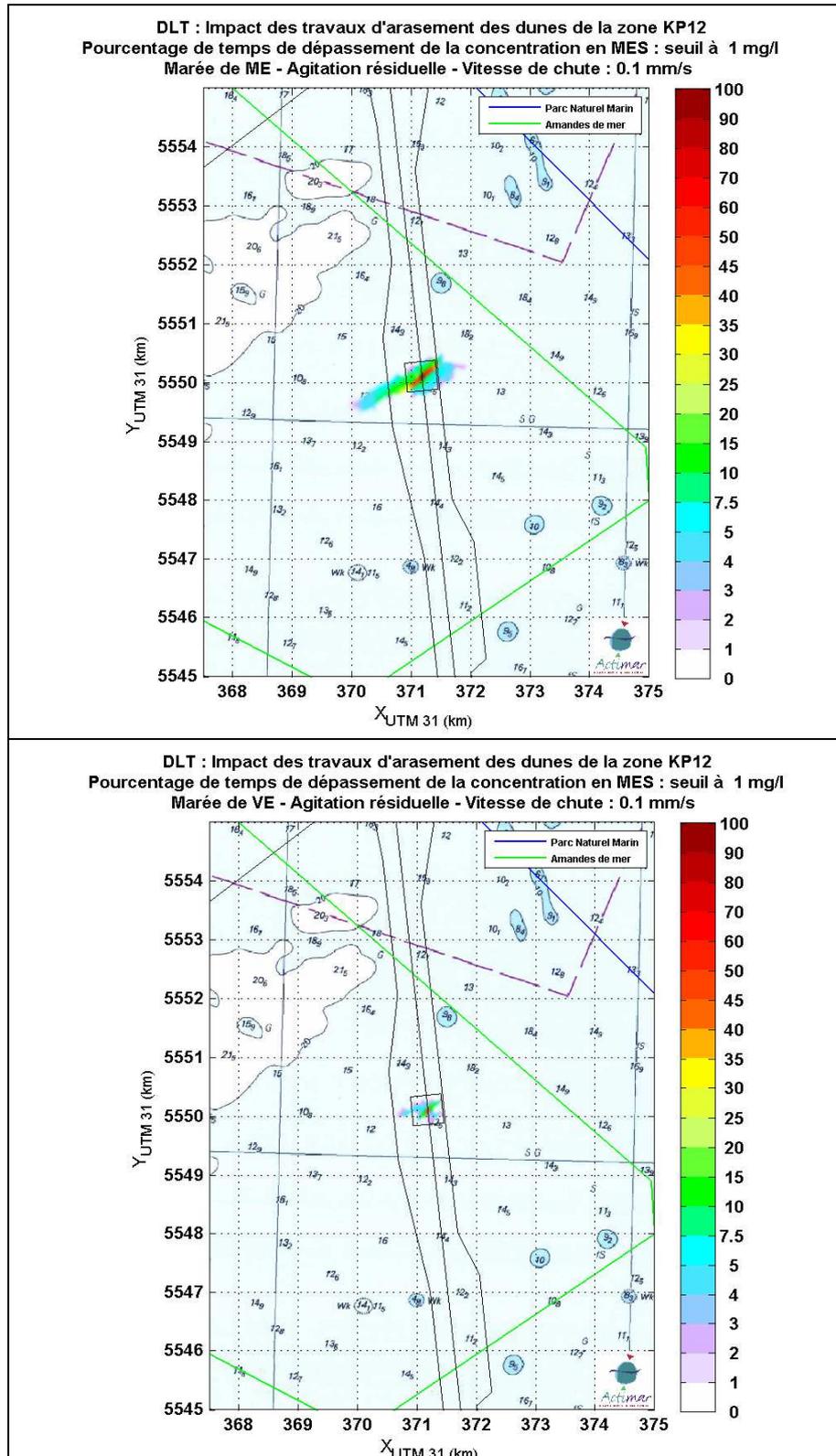


Figure 2-4 : Taux de dépassement (en pourcentage du temps de travail) de la concentration en MES au-dessus de la valeur seuil de 1 mg/l pour une marée moyenne de ME (en haut) et de VE (en bas) associée à une agitation résiduelle et une vitesse de chute de 0.1 mm/s. Travaux d'arasement de la zone KP12, où le teneur en fines est de 0.08%.

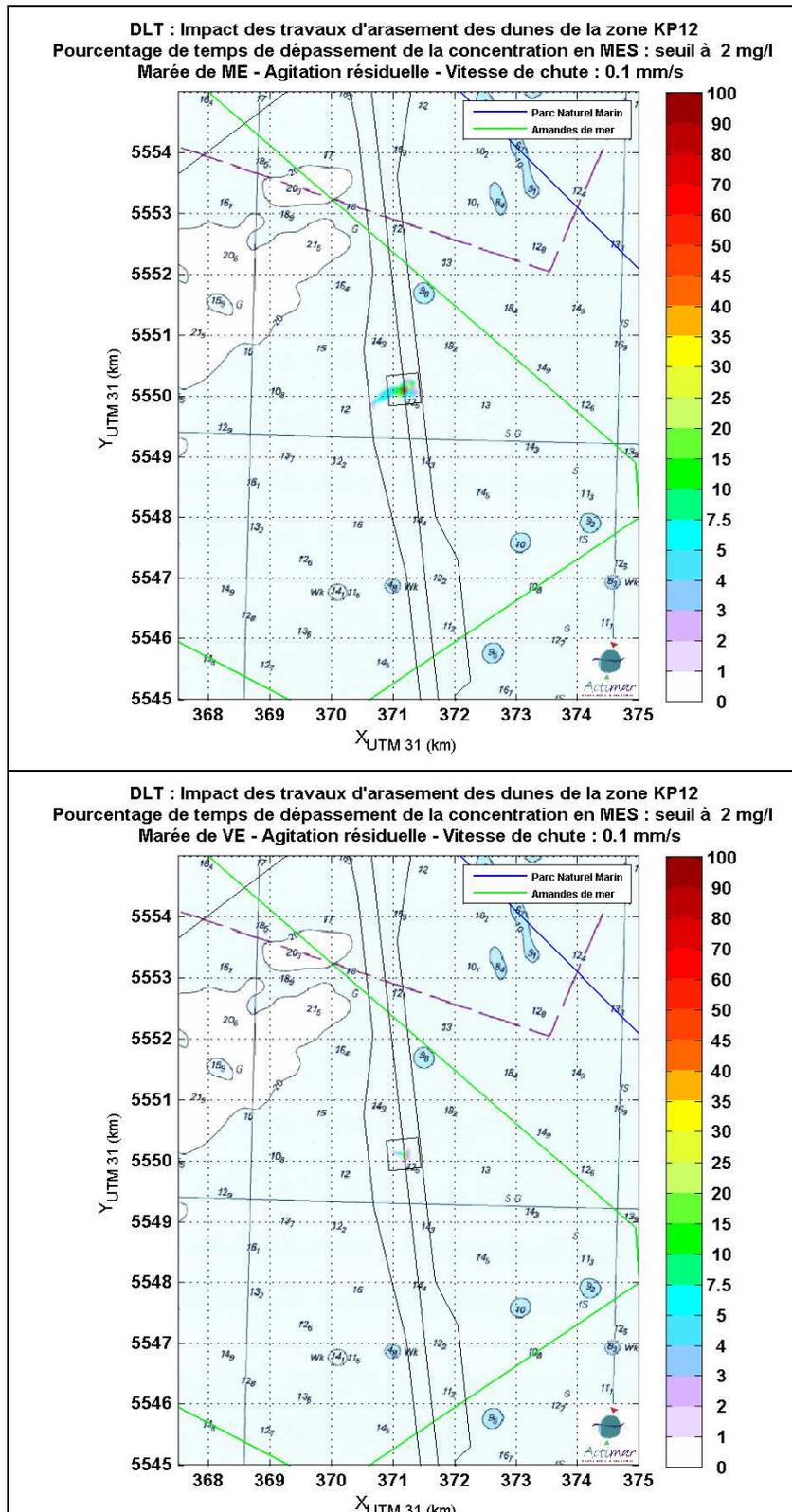


Figure 2-5 : Taux de dépassement (en pourcentage du temps de travail) de la concentration en MES au-dessus de la valeur seuil de 2 mg/l pour une marée moyenne de ME (en haut) et de VE (en bas) associée à une agitation résiduelle et une vitesse de chute de 0.1 mm/s. Travaux d'arasement de la zone KP12, où le teneur en fines est de 0.08%.

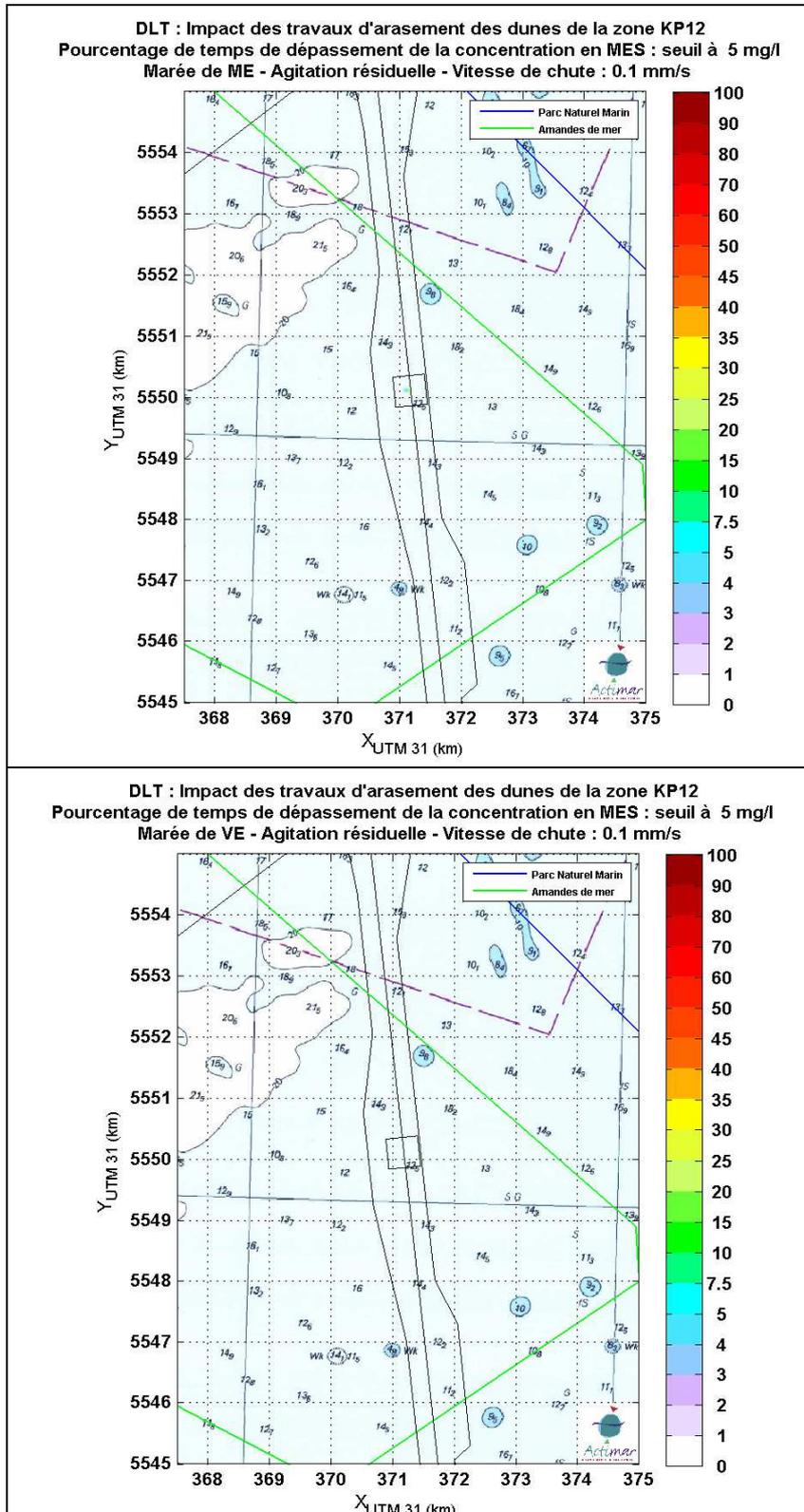


Figure 2-6 : Taux de dépassement (en pourcentage du temps de travail) de la concentration en MES au-dessus de la valeur seuil de 5 mg/l pour une marée moyenne de ME (en haut) et de VE (en bas) associée à une agitation résiduelle et une vitesse de chute de 0.1 mm/s. Travaux d'arasement de la zone KP12, où le teneur en fines est de 0.08%.

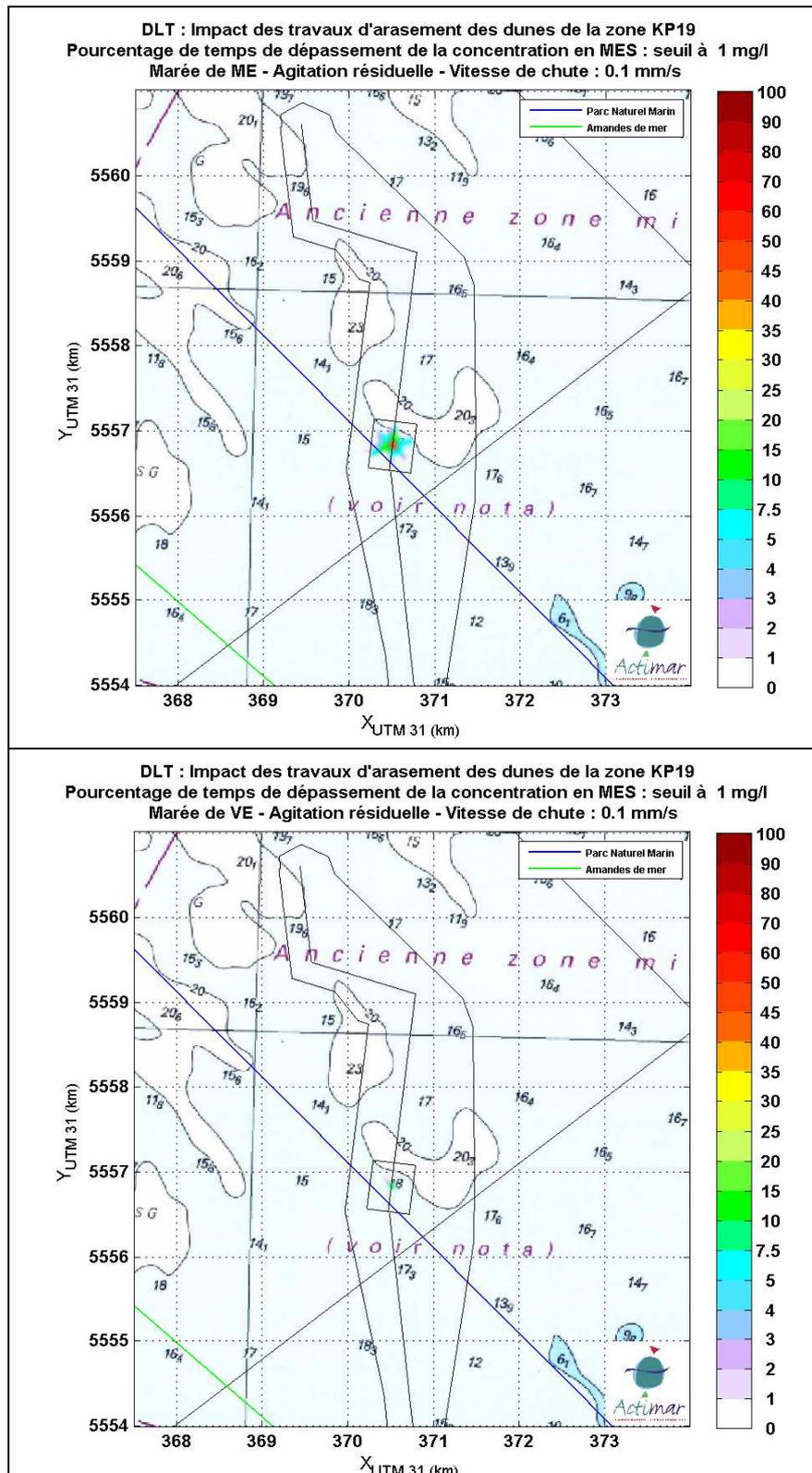


Figure 2-7 : Taux de dépassement (en pourcentage du temps de travail) de la concentration en MES au-dessus de la valeur seuil de 1 mg/l pour une marée moyenne de ME (en haut) et de VE (en bas) associée à une agitation résiduelle et une vitesse de chute de 0.1 mm/s. Travaux d'arasement de la zone KP19, où le teneur en fines est de 0.08%.

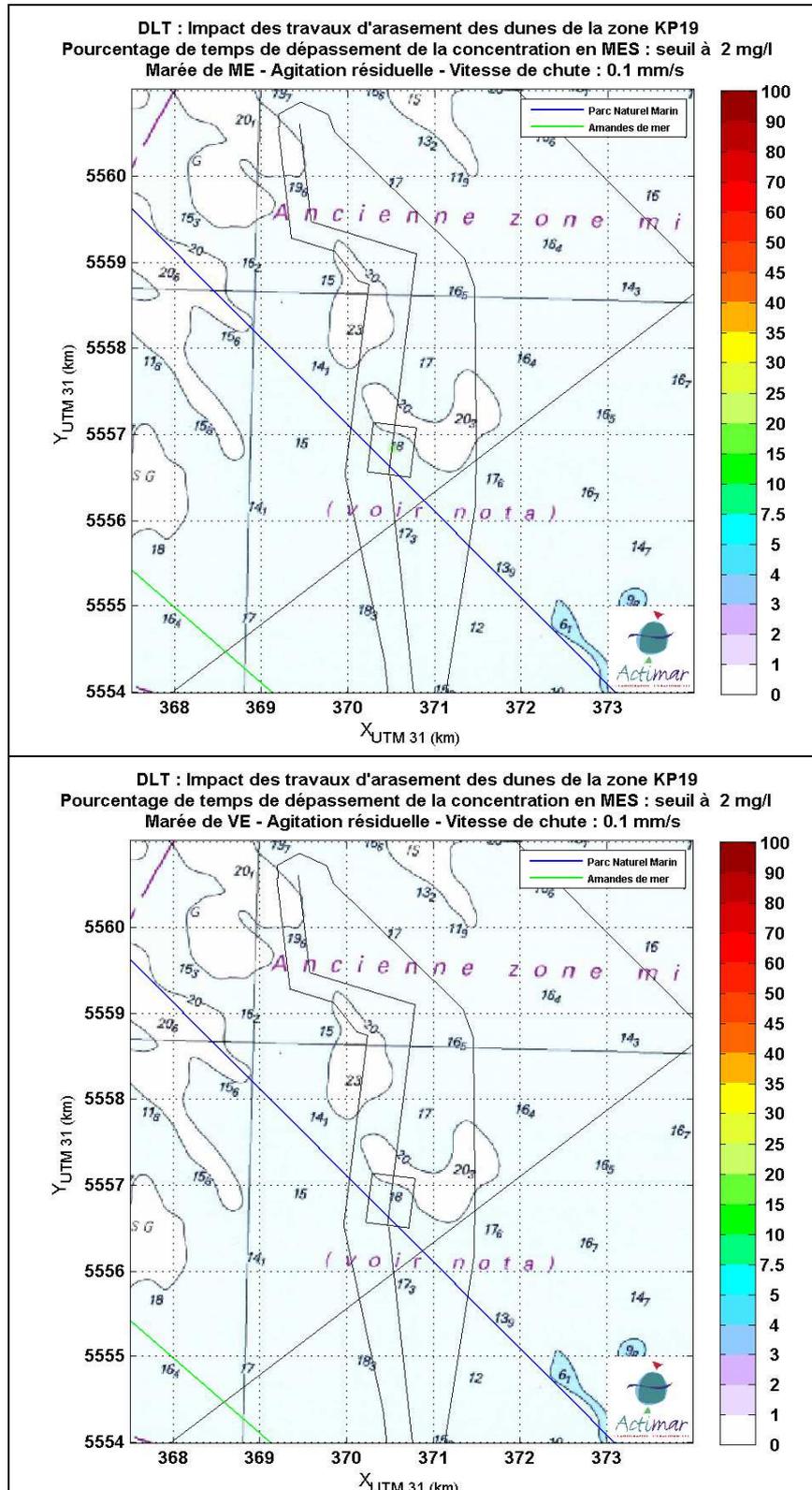


Figure 2-8 : Taux de dépassement (en pourcentage du temps de travail) de la concentration en MES au-dessus de la valeur seuil de 2 mg/l pour une marée moyenne de ME (en haut) et de VE (en bas) associée à une agitation résiduelle et une vitesse de chute de 0.1 mm/s. Travaux d'arasement de la zone KP19, où le teneur en fines est de 0.08%.

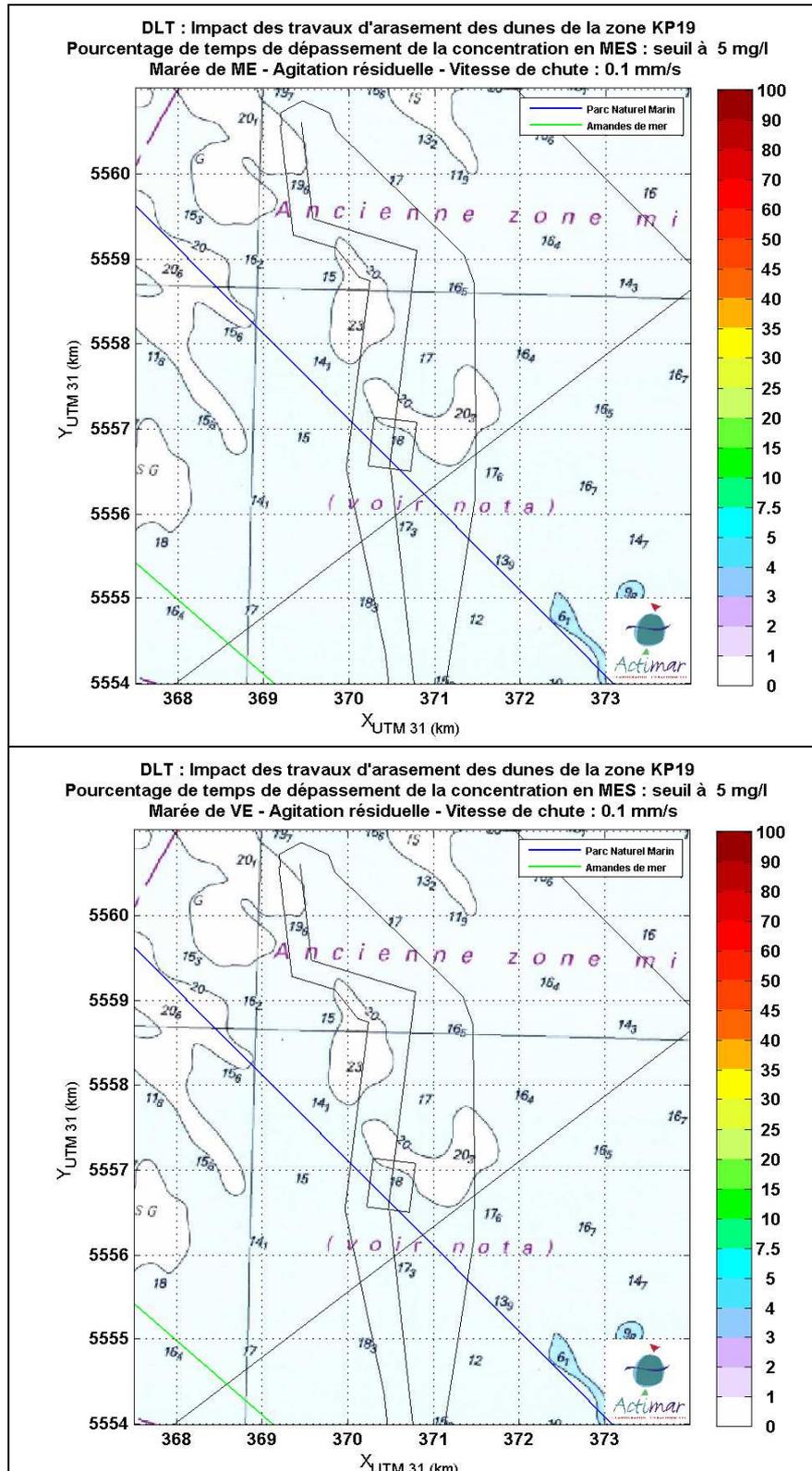


Figure 2-9 : Taux de dépassement (en pourcentage du temps de travail) de la concentration en MES au-dessus de la valeur seuil de 5 mg/l pour une marée moyenne de ME (en haut) et de VE (en bas) associée à une agitation résiduelle et une vitesse de chute de 0.1 mm/s. Travaux d'arasement de la zone KP19, où le teneur en fines est de 0.08%.

2.3.3 DEPOT MAXIMAL

La Figure 2-10 présente les dépôts maximaux sur le fond (mm) obtenus pour une marée moyenne de ME et de VE, associée à une agitation résiduelle et une vitesse de chute de 1 mm/s pour les travaux d'arasement de la zone KP12, où la teneur en fines est de 0.08%.

Les dépôts les plus forts sont atteints en condition de ME, correspondant à des conditions hydrodynamiques moins intenses et donc plus propices au dépôt des sédiments contenus dans le panache turbide issu des travaux de dragage. Ces dépôts restent toutefois minimales et ne dépassent pas 0.05 mm. Ils sont inférieurs à 0.01 mm au-delà de 2 km de la dune vers le NE, et 0.005 mm au-delà de 3km.

La Figure 2-11 présente les dépôts maximaux sur le fond (mm) obtenus pour une marée moyenne de ME et de VE, associée à une agitation résiduelle et une vitesse de chute de 1 mm/s pour les travaux d'arasement de la zone KP19, où le teneur en fines est de 0.03%.

Les dépôts les plus forts sont également atteints en condition de ME et ne dépassent pas 0.05 mm là encore. Ils sont inférieurs à 0.01 mm au-delà de 700 m de la dune dans la direction N-S, et 0.005 mm au-delà de 3-4km.

La sensibilité des résultats au phasage du début des travaux par rapport à l'instant de la marée a été étudiée. On ne distingue pas de différence significative.

La sensibilité des résultats à la vitesse de chute a également été analysée : les résultats montrent des dépôts encore plus faibles pour une vitesse de chute de 0.1 mm/s, avec des valeurs partout inférieures à 0.005 mm.

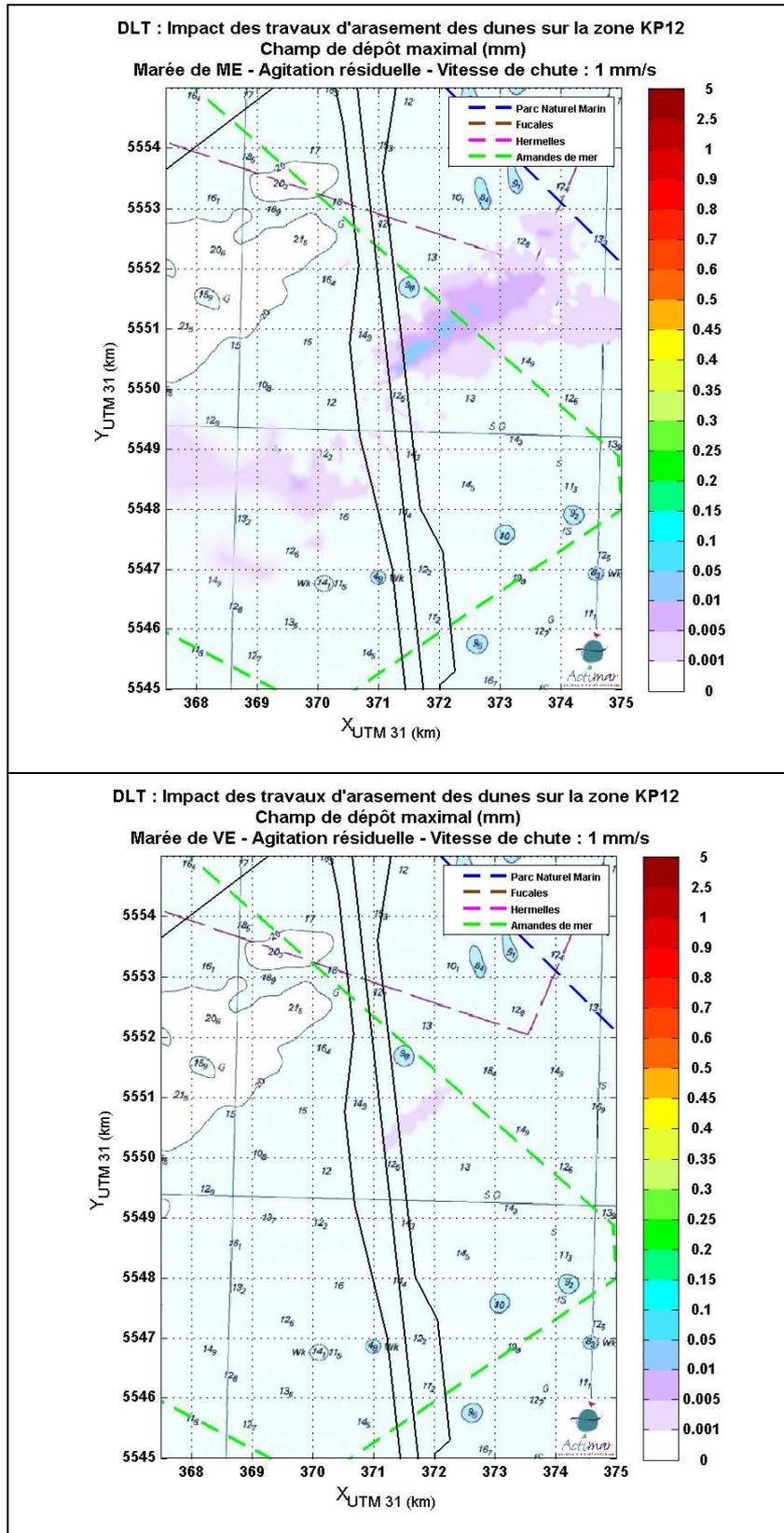


Figure 2-10 : Champ de dépôt maximal (mm) pour une marée moyenne de ME (en haut) et de VE (en bas) associée à une agitation résiduelle et une vitesse de chute de 1 mm/s. Travaux d'arasement de la zone KP12, où le teneur en fines est de 0.08%.

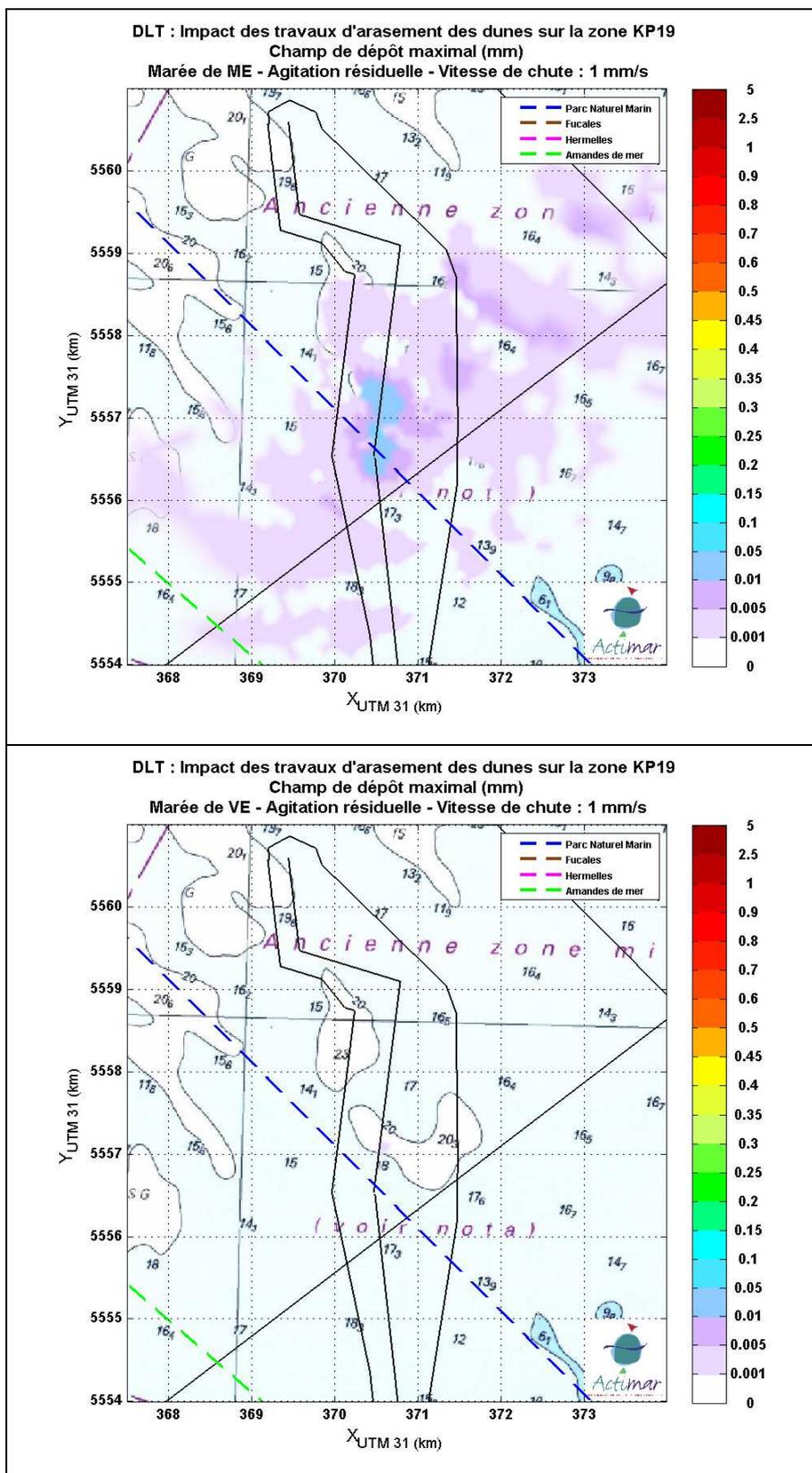


Figure 2-11 : Champ de dépôt maximal (mm) pour une marée moyenne de ME (en haut) et de VE (en bas) associée à une agitation résiduelle et une vitesse de chute de 1 mm/s. Travaux d'arasement de la zone KP19, où le teneur en fines est de 0.03%.

3. SYNTHÈSE DES RESULTATS

Afin d'estimer l'étendue et les concentrations en MES du panache turbide résultant des mises en suspension de sédiments fins lors des travaux de pré-dragage pour l'arasement de dunes, préalables à l'ensouillage des câbles sur les secteurs KP12 et KP19 du tracé Penly, le modèle numérique a été exploité sur la durée des travaux afin d'évaluer les influences de ces travaux sur le milieu vis-à-vis des conditions naturelles de turbidité.

Depuis le Volet 2 de l'étude, la disponibilité d'analyses granulométriques le long du tracé a permis de prendre en compte une proportion réaliste de fines dans le sédiment, permettant ainsi de définir plus précisément les flux sédimentaires remis en suspension en fonction de la part de fines de l'échantillon granulométriques le plus proche.

Les résultats de simulations, correspondant à deux marées moyennes de ME et de VE montrent globalement que les turbidités induites par les travaux d'arasement ne dépassent les gammes basses de la turbidité naturelle (quelques mg/l) que localement à l'intérieur des zones de dragage et pendant des durées minimales. Le panache se disperse très rapidement après l'arrêt des travaux et les turbidités induites ne sont plus détectables (inférieures au mg/l) après quelques heures. Les dépôts de ces sédiments sont également minimales, et restent inférieurs à 0.1 mm pour les cas étudiés les plus défavorables.

Fin du document
